Die

kosmischen Consequenzen

der Spectralanalyse

Rede

bei Antritt des Rectorates

der

Königlichen Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

am 5. März 1884

gehalten von

Dr. Albert Ladenburg,

ordentlichem Professor der Chemie.

Kiel 1884.

Druck von Schmidt & Klaunig.

Die

kosmischen Consequenzen

der Spectralanalyse

Rede

bei Antritt des Rectorates

der

Königlichen Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

am 5. März 1884

gehalten von

Dr. Albert Ladenburg,

ordentlichem Professor der Chemie.

Kiel 1884.

Druck von Schmidt & Klaunig.

Die

kosmischen Consequenzen der Spectralanalyse

Rede

bei Antritt des Rectorates

der

Königlichen Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

am 5. März 1884

gehalten von

Dr. Albert Ladenburg,

ordentlichem Professor der Chemie.

Kiel 1884.

Druck von Schmidt & Klaunig.

Hochgeehrte Versammlung!

Der neue Rector soll, so besagen die Statuten unserer Christian-Albrechts-Universität, durch eine öffentliche Rede dem Ehrenamt, das er übernimmt, einen besonderen, einen individuellen Stempel aufdrücken, indem er versucht, aus dem von ihm vertretenen wissenschaftlichen Gebiete ein Kapitel in verständlicher Form zur Darstellung zu bringen. Ich gestehe, dass dieser Pflicht zu genügen, mir nicht eben leicht erscheint. So populär auch jetzt die Naturwissenschaften sind, so gern Jeder ihren Werth anerkennt, so schwer er ihren Nutzen entbehren würde, so sind doch Wenige nur durch ihre allgemeine Vorbildung in der Lage, einem tiefer eindringenden chemischen Vortrage volles Verständniss entgegenzubringen. Die Schwierigkeit liegt meines Erachtens darin, dass wir unsere theoretischen Anschauungen auf dem Boden der Atomenlehre aufgebaut haben und dass gerade diese zu erfassen, dem Laien meist nicht möglich ist.

So war ich denn bemüht, ein Thema zu finden, das Ihren Gedanken nicht die Fesseln der Vorstellung des Unendlich-Kleinen anlegt, vielmehr Ihrem Geist gestattet, weite Blicke zu thun in das Universum, einen Zusammenhang zu erkennen zwischen unserer kleinen Erde und der grossen Welt, dem Kosmos, der neben ihr existirt, der ihr die Wege weist und dem sie entstammt.

Wohl müssen auch wir mit Faust bekennen, dass wir nicht wissen,

> was die Welt
> im Innersten zusammenhält,

doch ist es in neuerer Zeit möglich geworden mit Hülfe der einzigen Botschaft, die uns von dorten kömmt, durch die Untersuchung des Lichts, welches die uns umgebenden Weltkörper aussenden, das Dunkel, das über deren chemischer Natur Jahrtausende lang schwebte, aufzuhellen und eine *Chemie des Himmels* zu begründen. Die Grossartig-

keit der Erscheinungen, denen wir hier begegnen, ist staunenswerth, die so erlangten Resultate sind überraschend. Sie werden es aber noch mehr dadurch, dass sie ein beredtes und glänzendes Zeugniss ausstellen dem menschlichen Geist, der unbeengt von Raum und Zeit nicht nur fähig war, diese Thatsachen aufzufinden und zu ordnen, der es auch vermochte, den Ereignissen voraneilend, einen Gedanken zu fassen der weittragendsten Bedeutung, die Kosmogenese, welcher nun durch diese Entdeckungen zur vollen Würdigung gedieh und durch den diese Erscheinungen als ein ungeahntes und herrliches Beispiel des gesetzmässigen Waltens in der Natur erkannt wurden. Gerade hier hat sich das Wort des Dichters bestätigt, der von dem Weisen sagt, dass er

Sucht das vertraute Gesetz in des Zufalls grausenden Wundern,
Sucht den ruhenden Pol in der Erscheinungen Flucht.

So glaube ich denn hoffen zu können, Ihr Interesse zu fesseln, indem ich Ihnen einen Einblick in jene Untersuchungen gewähre, indem ich versuche, die Spanne Zeit, die Sie mir hier schenken wollen, zu verwenden auf eine Besprechung der *kosmischen Consequenzen der Spectralanalyse.*

Freilich darf ich dabei nicht völlig absehen von der Methode selbst, welche zu diesen bemerkenswerthen Resultaten geführt hat, doch glaube ich mich hier auf das Wichtigste beschränken zu können, da ich voraussetzen darf, dass die Meisten schon Vorträge über diesen Gegenstand gehört und namentlich die damit zusammenhängenden schönen Versuche bereits gesehen haben.

Wenn ein Lichtstrahl aus einem Mittel in ein anderes eindringt, so wird seine Richtung verändert, er wird gebrochen. Davon überzeugt man sich leicht durch Eintauchen eines geraden Stabs in Wasser, da dieser dann gebogen erscheint. Nun hat Newton i. J. 1675 erkannt, dass die Grösse dieser Brechung abhängig ist von der Natur des Lichtes, welches sie erleidet: verschiedenfarbige Strahlen werden nach räumlich verschiedenen Orten gebrochen und zwar werden die rothen Strahlen am wenigsten von ihrer ursprünglichen Richtung abgelenkt, die violetten am stärksten. — Wir haben alle Ursache, das Licht als eine schwingende Bewegung eines ausserordentlich feinen und elastischen Mittels, des sogenannten Lichtäthers anzusehen, der alle Körper durchdringt und sogar den Weltraum vollständig erfüllt. Von der Geschwindigkeit dieser Bewegung hängt die Farbe des Lichtes ab, am grössten ist sie bei den violetten Strahlen, am geringsten bei den rothen. Bei den letzteren

führen die Aethertheilchen etwa 430 Billionen Schwingungen in der Secunde aus, bei den ersteren etwa 750 Billionen. Diese verschiedenen Lichtstrahlen pflanzen sich im Raum wellenförmig mit *gleicher* Geschwindigkeit fort, und diese beträgt 299000 km in der Sekunde. Daraus folgt, dass die Wellenlängen der verschiedenfarbigen Lichtstrahlen verschieden gross sind, denn diese ergeben sich als Quotienten aus den Schwingungszahlen in die Fortpflanzungsgeschwindigkeit. Danach findet man die Wellenlänge für die rothen Strahlen zu etwa 700 Millionstel mm, für die violetten zu etwa 400 Millonstel mm. Das Licht der kleinsten Wellenlänge hat demnach die grösste Brechbarkeit und umgekehrt.

Newton's Entdeckung bestand in der Zerlegung oder Dispersion des weissen Lichtes. Indem er Sonnenlicht durch ein rundes Loch im Fensterladen auf ein dreiseitiges Stück Glas, welches Prisma genannt wird, fallen lies, erhielt er auf einem dahinterliegenden Schirm ein Farbenband mit den bekannten 7 Regenbogenfarben in regelmässiger Aufeinanderfolge und mit continuirlichen Uebergängen, von Roth durch alle Nüancen zu Orange, Gelb, Grün, Blau, Indigo und Violett. Das Prisma bewirkte eine doppelte Brechung und Dispersion. Das erste Mal beim Eintritt in das Glas, dann wieder beim Austritt in die Luft. Die beiden Brechungen addiren sich und man erhält eine grössere Farbenzerstreuung. Newton nannte das Farbenband spectrum (von specere, sehen). Ein reines Spectrum, d. h. ein solches, bei welchem an einem bestimmten Ort nur Licht *einer* Wellenlänge, *einer* bestimmten Farbe vorhanden ist, erhält man bei Spectralversuchen nur, wenn man auf das Prisma ein möglichst schmales, durch einen feinen Spalt erzeugtes Lichtbündel fallen lässt. Eine solche Anordnung, die noch durch die Anwendung einer Linse zur Herstellung paralleler Strahlen und eines Fernrohrs zur Vergrösserung des durch das Prisma erzeugten Spectrums versehen ist, nennt man einen Spectral-Apparat. Häufig ist der Spalt zur Hälfte durch ein Prisma bedeckt, durch welches Licht, aus einer seitlich aufgestellten Quelle stammend, durch Reflexion in den Apparat gelangt, so dass zwei Spectren übereinander gesehen werden, die eine directe Vergleichung gestatten.

Derartige Apparate, welche übrigens noch manigfach variirt und namentlich durch Anwendung vieler Prismen statt eines einzigen zur Erreichung einer starken Dispersion complicirt werden können, sind vorzüglich zur Untersuchung von Licht verschiedener Herkunft geeignet. Die Schlüsse, welche sich daraus über die Natur der das Licht ausstrahlenden Körper ergeben haben, sind von weittragendster Bedeutung.

Eine ganze Wissenschaft, die Spectralanalyse, ist so entstanden und einige Resultate derselben bilden den Gegenstand meines Vortrags.

Hier mögen aber vor Allem die Namen zweier deutscher Gelehrten, Gustav Kirchhoff und Robert Bunsen, hervorgehoben werden, welchen das unsterbliche Verdienst zuerkannt werden muss, die Methode selbst in ihrer Allgemeinheit begründet, und ihre Anwendung auf sehr verschiedene und zwar die wichtigsten Gebiete bereits durchgeführt zu haben.

Das erste Ergebniss ihrer Spectraluntersuchungen darf dahin zusammengefasst werden, dass das Licht, welches glühende feste und flüssige Körper ausstrahlen, ein continuirliches Spectrum liefert d. h. ein Farbenband mit Lichtstrahlen jeder Art vom dunkelsten Roth bis zu dem äussersten Violett und somit alle Lichtgattungen, für welche unser Auge empfänglich ist. Im Gegensatz dazu steht das Spectrum des Lichtes eines glühenden Gases. In diesem finden sich nämlich nur einzelne helle Linien, von einander durch dunkle Zwischenräume getrennt. Dies gilt übrigens nur, so lange die Gase sich unter normalen Verhältnissen befinden. Werden dieselben durch starken Druck in einen dichteren Zustand versetzt, so geben auch sie, indem ihre sonst geringe Leuchtkraft beträchtlich zunimmt, zunächst durch Verbreiterung der Linien Bänder und schliesslich ein continuirliches Spectrum. Darin liegt die Erklärung jenes Gegensatzes. Er ist bedingt durch die Dichtigkeit der leuchtenden Materie. Sind die kleinsten Theile des lichtgebenden Körpers einander sehr nahe, wie dies bei jeder festen und flüssigen Substanz, oder einem stark comprimirten Gase vorausgesetzt werden muss, so werden die Schwingungen der einzelnen Theilchen durch die der Nachbartheilchen gestört, und es kommen sehr complicirte Bewegungen zu Stande, welche bei der Zerlegung durch das Prisma Lichtstrahlen jeder Wellenlänge liefern. Sind dagegen, wie dies bei einem verdünnten Gase der Fall ist, die Theilchen des glühenden Körpers so weit von einander entfernt, dass gegenseitige Bewegungsstörungen nicht oder nur ausnahmsweise eintreten, so sind die entstehenden Schwingungen viel einfacher und von der Natur jener Theilchen abhängig. Daher finden sich im Spectrum nur einzelne Lichtstreifen, und diese sind durch die chemische Beschaffenheit des Gases veranlasst, oder mit andern Worten: jedes glühende Gas hat ein besonderes, ihm eigenthümliches Spectrum. Die Lage oder Farbe und Wellenlänge, die Zahl und Vertheilung jener hellen Linien sind bei verschiedenen Gasen verschieden, so dass die Gase an dem von ihnen im glühenden

Zustand ausgegebenen Spectrum wieder erkannt werden können, während wie schon hervorgehoben, alle festen und flüssigen Stoffe dasselbe Spectrum, nämlich ein continuirliches Farbenband liefern.

Dies bildet die Grundlage der terrestrischen Spectralanalyse. Werden die Stoffe in Dampfform verwandelt, indem man sie entweder in einer Flamme erhitzt, oder indem man sie durch den electrischen Funken oder im elektrischen Flammenbogen verflüchtigt, und beobachtet man das von denselben ausgestrahlte Licht im Spectralapparat, indem man es mit den Spectren bekannter Gase vergleicht, so erkennt man sofort die chemische Natur des untersuchten Körpers. Dabei ist wichtig, dass, falls darin zwei oder mehrere Stoffe vorkommen, die Spectren derselben sich einfach nebeneinander legen, so dass durch Bestimmung aller vorhandenen Spectrallinien und durch den Nachweis der Provenienz derselben d. h. durch Feststellung der Uebereinstimmung jeder einzelnen mit einer Linie bekannter Herkunft, eine vollständige qualititative Analyse jenes zur Untersuchung vorliegenden Körpers ausgeführt ist.

Die Einfachheit, Genauigkeit und Fruchtbarkeit dieser Methode sind überraschend. So kann durch dieselbe noch 1 3Millionstel eines Milligramms Natrium leicht erkannt werden durch das Auftreten eines, oder bei stärkerer Dispersion von 2 dicht nebeneinander liegenden gelben Linien im Spectrum. Bei andern Metallen ist die Empfindlichkeit allerdings etwas geringer.

Von hervorragender Wichtigkeit wurde die Methode, indem sie zur Entdeckung neuer Elemente führte. Cäsium und Rubidium wurden von Bunsen noch während der Ausarbeitung der Methode im Jahre 1860 aufgefunden. Crookes hat im folgenden Jahr durch spectralanalytische Untersuchung der Eisenkiese das Thallium entdeckt, das sich durch eine schöne grüne Linie auszeichnet. Reich und Richter fanden 1863 das Indium in den Freiberger Zinkblenden. Das Gallium wurde 1875 von Lecocq de Boisbaudran aufgefunden und das Scandium neuerdings von Nilson in Upsala. Und alle diese Entdeckungen wurden nur durch die Spectralanalyse möglich!

Aber trotz dieser Erfolge liegt die grösste Bedeutung der Methode nicht nach der bisher behandelten Richtung, sondern nach einer anderen Seite, zu deren Besprechung ich mich nun wende.

Veranlassung zu diesen Forschungen gab die Untersuchung des Sonnenspectrums, welches sich wesentlich von den bisher besprochenen Spectren unterscheidet. Dasselbe besteht nämlich aus einem continuirlichen Lichtband, von dunklen Linien durchzogen. Gesehen wurden

solche zuerst von Wollaston, da er der Erste war, der sich bei Spectralversuchen eines feinen Spalts bediente. Eine genauere Untersuchung und eine Messung der Lage der auffallendsten dieser Linien verdanken wir dem Münchener Optiker Frauenhofer, und nach ihm werden heute noch diese Linien Frauenhofer'sche Linien genannt. Er hat schon im Jahre 1814 genaue Zeichnungen des Sonnenspectrums entworfen, offenbar von der richtigen Einsicht der grossen Wichtigkeit dieses Gegenstands überzeugt. Er hat auch schon bestimmt ausgesprochen, dass diese dunkeln Linien Folge einer Absorption seien, und zwar sucht er deren Ursache in der Sonne selbst. Er fand nämlich bei der Untersuchung des Spectrums von Fixsternen ähnliche Erscheinungen, auch wieder continuirliche von dunkeln Linien durchzogene Lichtbänder, aber die Lage dieser letzteren war jeweils verschieden. Und daraus zieht er den richtigen Schluss, dass nicht auf unserer Erde jene Absorption zu Stande kommen könne, die ja dann stets die gleiche sein müsse. Frauenhofer hat ferner beobachtet, dass die Lage oder Wellenlänge einer besonders dunkeln Linie, welche er durch den Buchstaben D bezeichnete, genau übereinstimmt mit der hellen gelben Linie im Spectrum der Natriumverbindungen.

Merkwürdigerweise haben diese ersten Keime der Chemie des Himmels lange Jahre geruht. Sie bedurften der Befruchtung durch den genialen Geist Kirchhoff's zu ihrer Entwicklung.

Auf einem Spaziergang, den dieser an einem herrlichen Sommerabend mit seinem Freunde Bunsen in der Umgebung Heidelberg's ausführte, vertieften sich Beide in das so häufig geschilderte, erhabene Schauspiel eines Sonnenuntergangs, der gerade dort von den Höhen der Bergstrasse nach dem weiten und üppigen Rheinthal einen bezaubernden Eindruck gewährt. Als das Gespräch wieder aufgenommen wurde, wandte sich dasselbe, beherrscht durch den mächtigen sinnlichen Eindruck, der Sonne zu, die Erinnerung an die geschilderten Untersuchungen Frauenhofer's wurde wach gerufen und beschlossen, daran anknüpfend zunächst die Richtigkeit jener Beobachtung zu constatiren, wonach die D-Linien im Sonnenspectrum übereinstimmen mit den Natriumlinien, und dann womöglich dem Grund dieser Erscheinungen nachzuspüren.

Die Art und Weise, wie jene Coincidenz festgestellt wurde, wird für alle Zeiten in den Annalen der Wissenschaft denkwürdig bleiben. Der Beweis liegt in der sogenannten Umkehrung, in der Verwandlung der dunkeln D-Linien in zwei helle gelbe Linien, und in der Umwand-

lung der hellen Natriumlinien in die dunkeln. Ich darf wohl diesen wichtigen Versuch in der Form anführen, in welcher er zuerst mitgetheilt ward. In seiner Abhandlung über das Sonnenspectrum sagt Kirchhoff:

„Um die mehrfach behauptete Coincidenz der Natriumlinien mit den Linien D des Sonnenspectrums auf die directeste Weise zu prüfen, entwarf ich ein mässig helles Sonnenspectrum, und brachte dann vor den Spalt des Apparats eine Natriumflamme. Ich sah dabei die dunkeln Linien D sich in helle verwandeln. Die Bunsen'sche Lampe zeigte die Natriumlinien auf dem Sonnenspectrum mit einer nicht erwarteten Helligkeit. Um zu finden, wie weit die Lichtstärke des Sonnenspectrums sich steigern liesse, ohne dass die Natriumlinien dem Auge verschwänden, liess ich den vollen Sonnenschein durch die Natriumflamme auf den Spalt fallen und sah da zu meiner Verwunderung die dunkeln Linien D in ausserordentlicher Stärke hervortreten. Ich ersetzte das Licht der Sonne durch das Drummond'sche Licht, (d. h. wie ich erläuternd hinzufüge, durch das Licht eines in der Knallgasflamme glühenden Kalkcylinders) dessen Spectrum, wie das Spectrum eines jeden glühenden festen oder flüssigen Körpers keine dunkeln Linien hat. Wurde dieses Licht durch eine geeignete Kochsalzflamme geleitet, so zeigten sich in dem Spectrum dunkle Linien an den Orten der Natriumlinien. Dasselbe trat ein, wenn statt des glühenden Kalkcylinders ein Platindraht benutzt wurde, der durch die Flamme glühend gemacht und durch einen elektrischen Strom seinem Schmelzpunkt nahe gebracht war.

Diese Erscheinungen finden eine leichte Erklärung in der Annahme, dass eine Natriumflamme eine Absorption ausübt auf Strahlen von der Brechbarkeit derer, die sie selbst aussendet, für alle anderen aber ganz durchsichtig ist."

Die Wichtigkeit dieser Auseinandersetzungen liegt nicht nur in der Beschreibung jenes einfachen und fundamentalen Versuchs, sondern besonders in dem daraus hervorgehenden Schluss, dass die Natriumflamme, deren Licht nur aus jenen zwei dicht nebeneinanderliegenden Linien besteht, auch eben nur dieses Licht zurückhält, während Licht jeder anderen Brechbarkeit oder Wellenlänge ungehindert durch dieselbe hindurchgeht. Diese Uebereinstimmung zwischen Absorptionsvermögen und Ausstrahlungs- oder Emissionsvermögen konnte nicht der Natriumflamme allein eigen sein, dem musste eine allgemeine Eigenschaft der Materie zu Grunde liegen, und Kirchhoff konnte wirklich das allgemeine Gesetz nicht nur aussprechen, sondern auch mathematisch beweisen.

Zunächst zeigte es sich, dass die hellen Linien jedes anderen Metalls in ähnlicher Weise in dunkle Linien verwandelt werden können, indem man durch die betreffenden Dämpfe im glühenden Zustand Sonnenstrahlen hindurchfallen lässt. In dem dann entstehenden Sonnenspectrum zeigen sich an *den* Stellen dunkle Linien, wo sonst die hellen Linien jenes Metalls sichtbar sind, so dass also immer wieder die Verminderung der Lichtintensität gerade diejenigen Stellen des Spectrums trifft, welche übereinstimmen mit Strahlen der Brechbarkeit, wie sie der betreffende glühende Metalldampf aussendet.

Das allgemeine Gesetz aber, für das die eben beschriebenen Erscheinungen nur specielle Fälle sind, lautet dahin, dass

> *„Für jede Strahlengattung das Verhältniss zwischen Emissions- und Absorptionsvermögen für alle Körper das Gleiche ist bei derselben Temperatur.“*

Dieser Satz gilt nicht nur für Lichtstrahlen, sondern auch für Wärmestrahlen und in ähnlicher Weise für jede Art schwingender Bewegung, daher auch für die Schallwellen. Er giebt die Erklärung für die bekannte Thatsache des Mittönens, welche Sie wohl schon häufig Gelegenheit hatten zu beobachten. Eine sehr einfache Form des Versuchs besteht darin, dass man einen Ton in das Klavier hineinsingt und gleichzeitig die Dämpfung aufhebt. Man hört dann deutlich denselben Ton als schwaches Echo aus dem Instrument hervorklingen. Die Saite, welche auf den betreffenden Ton abgestimmt ist, wird in Mitschwingung versetzt, und dies kann nur durch die lebendige Kraft des gesungenen Tons vollbracht worden sein. Diese selbst erleidet mithin eine Schwächung, jener Absorption des gelben Lichts vergleichbar, welches eine Natriumflamme passirt.

Kehren wir zu dem Sonnenspectrum zurück, so haben wir offenbar eine Möglichkeit der Erklärung für die darin vorkommenden dunkeln Frauenhofer'schen Linien gewonnen: sie können nämlich in Folge einer Absorption durch Dämpfe entstehen, und zwar muss sich die chemische Natur dieser Dämpfe durch Messung der Lage dieser dunkeln Linien oder durch Feststellung ihrer Uebereinstimmung mit den hellen Spectrallinien gewisser Elemente ergeben. So ward Kirchhoff zu einer genauen Erforschung des Sonnenspectrums geführt, die nach ihm von keiner geringeren Wichtigkeit wie die Untersuchung des Fixsternhimmels ist. Wir besitzen von ihm Tafeln, die sich über den grössten Theil des sichtbaren Sonnenspectrums ausdehnen und in welchen er etwa 700 Linien verzeichnete. Die fehlenden Theile sind von Hoffmann und

Angström untersucht worden. Später hat man auch die Photographie für diese Zwecke dienstbar gemacht, und ein Vergleich der Kirchhoff'schen und Angström'schen Zeichnungen mit Rutherford's Photographie zeigt eine überraschende Uebereinstimmung und liefert dadurch den Beweis der Genauigkeit und Sorgfalt, mit der diese Untersuchungen ausgeführt sind.

Viele dieser Linien sind als in ihrer Lage genau übereinstimmend mit hellen Metalllinien erkannt worden, wie dies schon oben für die D- und die Natriumlinien erwähnt wurde. Kirchhoff, der auch hier wieder bahnbrechend gewesen ist, hat eine solche Coincidenz für die Linien des Calciums, Magnesiums, Eisens, Chroms und Nickels erwiesen, für Kupfer, Barium und Zink wahrscheinlich gemacht. Ganz speciell hat er sich mit den Eisenlinien beschäftigt und nachgewiesen, dass 60 Eisenlinien mit dunklen Frauenhofer'schen Linien übereinstimmen. Er berechnet daraus die Wahrscheinlichkeit, dass dieses Zusammenfallen nur ein zufälliges sei, als 1 Trilliontel, d. h. sie ist von 0 kaum verschieden. Wir dürfen umsomehr diese Wahrscheinlichkeit als ausgeschlossen ansehen, als von Angström und Thalén die Coincidenz von 460 Eisenlinien mit Frauenhofer'schen Linien erkannt wurde und Kirchhoff darauf hinweist, wie diese Möglichkeit weiter dadurch verringert werde, dass je heller eine Eisenlinie, desto dunkler der Regel nach die ihr entsprechende Linie im Sonnenspectrum ist. Als einzige Ursache für diese Coincidenzen bleibt nach Kirchhoff nur die Annahme, dass die von der Sonne ausgesandten Lichtstrahlen durch Eisendämpfe hindurchgegangen sind und hier eine Absorption erlitten haben. Diese Annahme erscheint daher nothwendig. Ganz selbstverständlich ist es, dass Aehnliches auch für die Dämpfe der anderen Elemente gilt, deren Spectrallinien mit Frauenhofer'schen Linien zusammenfallen.

Dass nun aber diese absorbirende Dampfatmosphäre auf der Sonne sich findet, darüber kann kein Zweifel bestehen und die dagegen erhobenen Einwände dürfen als beseitigt gelten.

Auf die Gesammtheit dieser Erscheinungen baut Kirchhoff seine Hypothese über die Constitution der Sonne, die nach ihm aus einem festen oder tropfbar flüssigen, in der höchsten Glühhitze befindlichen Kern besteht, der umgeben ist von einer Atmosphäre von etwas geringerer Temperatur. In dieser Atmosphäre, der sogenannten Photosphäre, welche die oben schon genannten Elemente in Gasform enthalten muss, findet jene Lichtabsorption statt, welche das Auftreten der Frauenhofer'schen Linien veranlasst.

Die Ansicht, dass die Sonne ein glühender Körper sei, ist übrigens eine sehr alte und schon von griechischen Philosophen ausgesprochen worden. Damit im Zusammenhang hat Galilei die Sonnenflecken als Wolkenbildungen aufgefasst. Im vorigen Jahrhundert aber haben die Astronomen geglaubt, diese Hypothese durch eine andere ersetzen zu müssen, um gewisse Veränderungen zu erklären, welche sie bei genauer und andauernder Beobachtung der Sonnenflecken wahrnahmen. Wilson in Glascow glaubte danach die Flecken für Vertiefungen halten zu sollen, welche einen Einblick auf den dunkeln Sonnenkörper gestatteten und ihm schloss sich William Herrschel an, welcher diese Ansicht weiter ausbildete. Dieselbe scheint dann von den meisten Astronomen adoptirt worden zu sein, wenigstens spricht sich Arago dahin aus und erklärt die Sonne als einen dunkeln Körper, der zunächst von einer undurchsichtigen Hülle eingeschlossen sei, auf diese folge eine leuchtende Atmosphäre, die selbst wieder von einer durchsichtigen Atmosphäre umgeben sei. Die Flecken sollten durch Oeffnungen in den durchsichtigen und leuchtenden Atmosphären entstehen, durch welche der dunkle Sonnenkörper sichtbar wird.

Zu einer solchen physikalisch unmöglichen Ansicht hatte man sich also, um eine Beobachtung erklären zu können, verstiegen! Ein frappantes Beispiel, zu welchen Verirrungen der rohe Empirismus und die Einseitigkeit selbst hervorragende Männer der Wissenschaft verleiten können. Dieses Kartenhaus speculativer Spitzfindigkeit fiel zusammen, als Kirchhoff die einfachsten und fundamentalen Sätze der Wärmelehre darauf stellte. Auch konnte er zeigen, dass die Sonnenflecken und die Art ihrer Veränderung bei seiner Ansicht über die Constitution der Sonne verständlich sind, ja dass sie es dann eigentlich erst werden. Kirchhoff sagt darüber das Folgende:

„In der Atmosphäre der Sonne müssen ähnliche Vorgänge wie in der unseren stattfinden; locale Temperaturerniedrigungen müssen dort wie hier die Veranlassung zur Wolkenbildung geben, nur werden die Sonnenwolken ihrer chemischen Beschaffenheit nach von den unserigen verschieden sein. Wenn eine Wolke dort sich gebildet hat, so werden alle über derselben liegenden Theile der Atmosphäre abgekühlt werden, weil ihnen ein Theil der Wärmestrahlen, welche der glühende Sonnenkörper ihnen vorher zusandte, durch die Wolke entzogen wird. Diese Abkühlung wird um so bedeutender sein, je dichter und grösser die Wolke ist und dabei erheblicher sein für diejenigen Punkte, die nahe über der Wolke liegen als für die höheren. Eine Folge davon muss sein,

dass die Wolke mit beschleunigter Geschwindigkeit von oben her anwächst und kälter wird. Ihre Temperatur sinkt unter die Glühhitze, sie wird undurchsichtig und bildet den Kern eines Sonnenflecks.“

Er geht dann weiter darauf ein, wie durch diese Temperaturerniedrigungen Strömungen in der Photosphäre, unseren Winden vergleichbar, entstehen werden, und wie der Verfolg dieser Erscheinungen Phänomene hervorruft, welche übereinstimmen mit den Beobachtungen von Wilson.

Diese Ansichten haben durch neuere Untersuchungen Bestätigung gefunden. Sie sind sogar in unerwarteter, überraschender Weise erweitert und vervollständigt worden durch die Aufklärung der Erscheinungen, welche unter dem Namen der Protuberanzen den Astronomen schon längere Zeit bekannt waren.

Ehe wir uns aber diesem Gegenstand zuwenden, sei es noch gestattet, über weitere Forschungen zu berichten, welche die Aufklärung der chemischen Natur der Sonne bezweckten, d. h. den Nachweis anderer als der bereits genannten Elemente auf der Sonne erbrachten.

Die Methode war etwa dieselbe, welche auch Kirchhoff zur Lösung dieses wichtigen Problems benutzte. Immerhin sind aber wesentliche Fortschritte zu verzeichnen. Unter diesen möchte ich hier einer etwas veränderten Form von Spectralbeobachtungen gedenken, welche unter dem Namen der analysirenden Methode, der älteren Form der sogenannten integrirenden Methode gegenüber gestellt werden kann. Jene rührt von Lockyer her, einem der fruchtbarsten und kühnsten unter den neueren Forschern auf diesem Gebiet. Während früher, wenn es sich z. B. darum handelte, das Spectrum eines durch den elektrischen Flammenbogen verflüchtigten Metalls zu beobachten, der Spalt des Spectralapparats von diesem direct erleuchtet und parallel der Richtung des Bogens gestellt wurde, wodurch jeder Theil des Spalts von jedem Theil des Bogens Licht erhält, entwirft Lockyer von den zu untersuchenden Gegenständen mittelst einer Linse ein Bild auf dem Spalt, der im Brennpunkt der Linse steht und dreht den Spalt senkrecht zu der vorhin genannten Lage. Dadurch empfängt der mittlere Theil des Spalts sein Licht nur aus der Axe des elektrischen Flammenbogens, während die oberen und unteren Theile des Spalts von den seitlichen Theilen des Bogenlichtes erleuchtet werden. Die dann beobachtete Erscheinung ist eine eigenthümliche. Freilich sieht man auch hier wieder helle Linien auf dunkelem Grund, darunter sind aber einige lang und andere kurz. Offenbar ist dies wesentlich eine Folge der verschiedenen

Temperaturen, welche verschiedene Theile des Flammenbogens zeigen. Die kurzen Linien entsprechen Lichtstrahlen, welche von dem Metall nur bei den höchsten Temperaturen ausgegeben werden, während die langen Linien auch bei weniger hohen Temperaturen sichtbar sind. Wir analysiren hier offenbar die verschiedenen Theile des Flammenbogens, während das Spectrum sonst nur Rechenschaft über die Natur des betreffenden Objects als Ganzes aufgefasst giebt.

Diese Methode hat sich nicht nur für die genannten Zwecke bewährt, sie leistete auch ganz wesentliche Dienste bei der weiteren Untersuchung der Sonne, so dass ich noch darauf zurückkommen werde.

Hier möge nun eine Aufzählung aller derjenigen Elemente Platz finden, welche ausser den schon genannten auf der Sonne nachgewiesen sind. Dahin gehören:

Wasserstoff, Kobalt, Mangan, Titan, Aluminium, Strontium, Blei, Cadmium, Cerium, Uran, Kalium, Palladium, Vanadium und Molybdän. Wahrscheinlich ist ferner die Anwesenheit von Indium, Lithium, Rubidium, Cäsium, Wismuth, Zinn, Beryllium und Lanthan. Zweifelhaft bleiben vorläufig noch die wichtigen Elemente Kohlenstoff, Sauerstoff, Stickstoff und Schwefel. Man hat also von den uns bekannten 65 Elementen mehr als ein Drittel auch auf der Sonne vorkommend nachgewiesen.

Damit ist freilich noch nicht das Auftreten aller Frauenhofer'schen Linien erklärt. Es bleiben noch viele übrig, deren Lage nicht mit *bekannten* Linien in Uebereinstimmung gebracht werden konnte. Einige derselben sind allerdings als sogenannte terrestrische Linien erkannt, d. h. sie rühren von einer Absorption durch unsere irdische Atmosphäre her und werden vorzüglich durch den darin vorhandenen Wasserdampf hervorgebracht. Der Ursprung anderer Linien, welche bestimmt der Sonnenatmosphäre zugehören, bleibt zweifelhaft. Man könnte zwar behaupten, dass sie auch durch die Dämpfe der schon genannten Elemente hervorgerufen werden, indem diese bei der weit höheren Temperatur der Sonne noch Linien liefern, welche bei unseren höchsten Temperaturen nicht vorhanden sind. Vielleicht aber gehören sie auch Elementen zu, die auf der Erde nicht vorkommen, oder wenigstens vorläufig noch nicht bekannt sind.

Weitere Forschungen über die Sonne wurden durch Beobachtungen angeregt, welche bei Gelegenheit von Sonnenfinsternissen angestellt wurden. Den Astronomen war schon lange aufgefallen, dass wenn die Sonnenscheibe durch den Mond bedeckt und abgeblendet ist, hinter

demselben ein röthlicher Rand sichtbar wird. Genauere Untersuchungen, etwa aus der Mitte dieses Jahrhunderts, haben gezeigt, dass in diesen Rand wolkenartige Bildungen hineinragen, die selbst in der kurzen Zeit ihrer Beobachtung, d. h. während der Dauer der totalen Finsterniss, von sehr wechselnder Gestalt erscheinen. Jenen röthlichen Rand nennt man heute Chromosphäre, die wolkenartigen Bildungen wurden als Auswüchse, als Protuberanzen, bezeichnet. Ueber die Natur Beider gelangte man zu keiner klaren Vorstellung vor der Anwendung des Spectroskops in der Astronomie. Die Hoffnung aber, durch dasselbe Aufschlüsse über diese merkwürdigen Erscheinungen zu erhalten, war eine allgemein empfundene, und von allen gebildeten Nationen wurden deshalb Expeditionen ausgerüstet, um die am 18. August 1868 erwartete totale Sonnenfinsterniss für diesen Zweck nutzbar zu machen. Die zur Beobachtung vorzugsweise geeignete Zone erstreckte sich von Aden durch die südlichen Theile Asiens, über Hindustan, Malaka, Borneo, Celibes, und 5 Expeditionen wurden nach diesen Gegenden ausgesandt. Die wichtigste derselben, die französische, wählte Guntoor in Hindustan als Standort. Ihr Führer war der durch Spectraluntersuchungen bereits bekannte Physiker Janssen, und ihm gelang es während der Verfinsterung eine Protuberanz spectralanalytisch zu beobachten. Er sah ein aus mehreren hellen Linien bestehendes Spectrum und daran erkannte er, dass es sich um ein durch glühendes Gas erzeugtes Phänomen handelte. Er konnte sogar aus der Lage der auffallendsten dieser Linien den Schluss ziehen, dass diese Gase hauptsächlich aus Wasserstoff bestanden. Immerhin war die ihm zur Beobachtung bleibende Zeit nur eine sehr kurze, zu einer genauen Untersuchung der Erscheinung nicht hinreichende; doch von einem glühenden Eifer für die Lösung des Problems beseelt, ahnte er während der Beobachtung, in dem Moment der höchsten geistigen Erregung und Anspannung, die Möglichkeit, die Protuberanzen auch ohne Sonnenfinsterniss beobachten zu können. „Je reverrai ces lignes là!“ rief er aus, als das Wiedererscheinen des Sonnenballs seine Beobachtungen unterbrach. Und wirklich wurde es ihm alsbald möglich, das Spectrum der Protuberanzen auch bei vollem Sonnenlicht zu sehen.

Als seine telegraphischen Berichte im October nach Paris kamen, hatte die französische Akademie gleichzeitig Nachricht von Lockyer erhalten, dem es auch, und zwar durch Anwendung der von ihm schon erwähnten Methode gelungen war, das Spectrum der Protuberanzen zu sehen.

Die Möglichkeit, Chromosphäre und Protuberanzen während voller Sonnenbeleuchtung spectroskopisch zu beobachten, obgleich das Licht der Sonne sehr viel intensiver ist, als das dieser Gasschichten, so dass eine teleskopische Erkennung der Chromosphäre bei Sonnenlicht unmöglich ist, beruht wesentlich darauf, dass das Sonnenlicht ein continuirliches Spectrum liefert, dies Licht also namentlich bei Anwendung vieler Prismen auf einen sehr grossen Raum ausgedehnt und daher an jeder einzelnen Stelle stark geschwächt werden kann. Dies gilt nicht für Chromosphäre und Protuberanzen, die nur einzelne helle Linien im Spectrum geben und daher trotz starker Dispersion an den betreffenden Stellen die Linien mit unveränderter Helligkeit zeigen. Namentlich aber wird die Beobachtung von Chromosphäre und Protuberanzen erleichtert, wenn man eine starke Dispersion combinirt mit Lockyer's oben besprochener analytischer Methode, wenn man also durch eine Linse ein Sonnenbild auf dem Spalt entwirft, diesen dazu radial stellt und zwar so, dass ein Theil desselben über den sichtbaren Sonnenrand hinausragt. Es wird dann dieser Theil des Spalts nur Licht von den die Sonne umgebenden Gashüllen erhalten und man sieht über dem Sonnenspectrum das Spectrum der Chromosphäre und der Protuberanzen.

So ist es möglich geworden, die Natur dieser merkwürdigen Erscheinungen aufzuklären: wir wissen jetzt, dass die Chromosphäre eine etwa 8000 Km. hohe glühende Schicht von Gasen ist, unter denen der Wasserstoff vorherrscht. Die Chromosphäre darf daher als Fortsetzung der Photosphäre gedacht werden. Ueber der letzteren schwebt als leichtestes Element der Wasserstoff. — Die Protuberanzen aber sind eruptive Erscheinungen, bei denen die Metalldämpfe der Photosphäre plötzlich in die Chromosphäre und weit über dieselbe hinaus geschleudert werden. Die Ursachen davon sind offenbar Strömungen in der Sonnenatmosphäre, gegen welche unsere stärksten Orkane und Tornado als sanfte Winde erscheinen und welche, wie sich hieraus ergiebt und wie es auch durch direkte Beobachtung bestätigt werden konnte, mit der Bildung der Sonnenflecken in direktem Zusammenhang stehen. Die ganze Erscheinung darf als ein Sonnengewitter angesprochen werden: lokale Abkühlungen bewirken Verdichtungen oder Wolkenbildungen, welche wir als Sonnenflecken sehen. Die Stürme, welche durch die Temperatur- und Druckveränderungen veranlasst werden, führen von den schweren Metalldämpfen der Photosphäre in die Chromosphäre hinauf und pflanzen sich in dieser fort, so dass der Wasserstoff bis

100 000 km hoch geschleudert wird und uns als Protuberanz erscheint.

Die Erkenntniss dieser Vorgänge ist wesentlich dadurch vermehrt worden, dass es gelang, die Form der Protuberanzen zu beobachten und zu photographiren und was noch viel wunderbarer erscheint, dass es sogar möglich geworden ist, die Geschwindigkeiten zu bestimmen, mit welcher der Wasserstoff in die Höhe geschleudert wird.

Sehr bald nach den Entdeckungen von Janssen und Lockyer über die Natur der Protuberanzen bemühten sich die Astrophysiker auch die Gestalt dieser Erscheinungen zu beobachten. Eine Reihe von Vorschlägen in dieser Hinsicht ist von Zöllner ausgegangen, doch ist Huggins unstreitig der Erste, der eine praktische Lösung des Problems fand. Er erreichte das Ziel dadurch, dass er das Telespectroscop zunächst auf eine Protuberanzlinie einstellte und dann den Spalt weit öffnete, das Sonnenlicht aber durch ein rubinrothes Glas abblendete. Statt des letzteren Mittels kann man, wie Zöllner zeigte, auch eine starke Dispersion, d. h. einen Apparat mit vielen Prismen anwenden, wodurch, wie schon ausgeführt, das Sonnenspectrum bedeutend geschwächt wird und die Protuberanzen sichtbar werden. Diese merkwürdigen Bildungen erscheinen dann je nach der Linie, auf welche das Instrument eingestellt ist, in anderer Farbe, aber in wesentlich derselben Gestalt. Am ehesten sind sie wohl den aus thätigen Vulkanen aufschlagenden Flammen vergleichbar, in einzelnen Fällen sind es wolkenartige Gebilde. Charakteristisch aber und für ihre Deutung sehr wichtig sind die zuweilen plötzlich eintretenden Veränderungen ihrer Form, wodurch die Auffassung über ihre Natur eine weitere Bestätigung erhält.

Die Möglichkeit, die Bewegungen dieser kolossalen Gaseruptionen zu bestimmen, beruht auf einem Princip, welches von Doppler schon im Jahre 1841 ausgesprochen und nach ihm benannt wurde.

Wenn der Mittelpunkt einer sich wellenförmig fortpflanzenden Bewegung selbst bewegt ist und zwar mit einer gegen die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Welle nicht zu vernachlässigenden Geschwindigkeit, so wird ein Beobachter, dem sich in Folge dessen der Wellenmittelpunkt nähert, in der Zeiteinheit mehr Wellen erhalten, als bei ruhendem Wellenmittelpunkt, und in diesem letzteren Falle mehr, als wenn derselbe sich von dem Beobachter entfernt. Ballot konnte die Richtigkeit des Satzes für Schallschwingungen direct bestätigen, indem er einen Trompeter auf eine Locomotive setzte und die Tonhöhe während der Bewegung der Locomotive beobachtete. Näherte sich dieselbe, so

ward der Ton höher, während er tiefer wurde, als die Locomotive mit dem Trompeter davon fuhr. Ganz ähnliches gilt auch für das Licht, was von Huggins zuerst zur Bestimmung der Fixsternbewegungen verwerthet wurde, nachdem Mach in Prag 1860 darauf hingewiesen hatte, dass die Bewegung eines leuchtenden Körpers im Spectroscop dadurch zur Anschauung kommen müsse, dass sich die Brechbarkeit einer bestimmten Linie, also ihre Lage im Spectrum verändere. Denn in der That ist die Brechbarkeit durch die Zahl der Schwingungen oder Wellen bedingt und nimmt mit dieser zu. Es muss also eine bestimmte Linie nach dem Violett hin verschoben werden, falls sich der leuchtende Körper mit genügender Geschwindigkeit dem Spectroscop nähert und sie muss nach dem rothen Ende zu verschoben werden, wenn sich die Lichtquelle entfernt. Dadurch ergiebt sich die Erklärung für die merkwürdigen Verschiebungen und Verzerrungen, welche namentlich Lockyer an einer der Wasserstofflinien, der sogenannten F-Linie bei dem Protuberanzenspectrum beobachtete. Diese hat bei heftigen Sonnenstürmen durchaus nicht die Form einer geraden Linie, sondern erscheint hin und her gebogen. Die Messung der Linienverschiebung kann zur Bestimmung der Geschwindigkeit dieser Gasstürme dienen, welche auf diese Weise bis zu 180 km in der Sekunde gefunden wurde. Bisweilen zeigt die Verschiebung der F-Linie an dem einen Rand der Protuberanz eine Annäherung, an dem anderen Rand aber eine Entfernung des Gasstroms an, so dass wir daraus auf einen Drehsturm oder eine Cyclone schliessen müssen.

Fassen wir das hier Vorgetragene, die Constitution der Sonne betreffende, nochmals kurz zusammen, so besteht die Hauptmasse dieses Himmelskörpers aus einer glühend-flüssigen Kugel von enormer Temperatur, auf deren Oberfläche lebhafte Verdampfung aller Elemente stattfindet, von denen jedenfalls ein grosser Theil mit unseren terrestrischen Elementen übereinstimmt. Die so entstehende glühende Gasschicht bildet die Photosphäre, deren Lichtabsorption die Entstehung der Frauenhofer'schen Linien bedingt. Ueber dieser specifisch schweren Gasschicht schwebt eine viel weniger dichte Schicht von Gasen, welche Chromosphäre genannt wird. Durch Gleichgewichtsstörungen der verschiedensten Art entstehen die Sonnengewitter, deren Folgen die Sonnenflecken und die Protuberanzen sind. Dabei werden die schweren Metalldämpfe und namentlich der Wasserstoff oft weit und mit ungeheurer Geschwindigkeit über die Chromosphäre hinausgeschleudert. Diese Eruptionen sind gewiss von furchtbarem Getöse begleitet, und es ist

nicht ohne Interesse zu erfahren, dass Graham Bell, der bekannte Entdecker des Telephons, mit Hülfe seines noch wenig verwertheten Photophons, freilich ohne Erfolg, versuchte, diesen Donner zu hören. — Als höchste Schicht über der Sonne bleibt dann noch die Corona zu erwähnen, welche aus einem strahlenförmigen Kranz von enormer Ausdehnung besteht, bei jeder totalen Sonnenfinsterniss sichtbar wird und durch ihre wechselnde Gestalt der ganzen Erscheinung einen so besonderen Reiz verleiht. Auch die Corona besteht aus glühenden Gasen, offenbar in sehr verdünntem Zustand. Wasserstoff kommt darin vor, doch auch noch ein anderes Gas, das durch eine besondere grüne Linie charakterisirt ist, über dessen chemische Natur wir aber noch nichts wissen.

Den Resultaten der spectroscopischen Untersuchung der Sonne habe ich hier einen breiten Raum gegönnt, der durch die grosse Wichtigkeit des Himmelskörpers für uns gerechtfertigt wird. Kürzer darf ich mich fassen hinsichtlich der Erforschung anderer Gestirne, über deren Natur auch bemerkenswerthe Aufschlüsse erlangt wurden.

Für den Mond und die Planeten ward zunächst bestätigt, was die Astronomen längst festgestellt hatten, dass sie nur mit geborgtem, mit reflectirtem Sonnenlicht leuchten. Ferner konnte von neuem constatirt werden, dass der Mond keine Atmosphäre, keine gasige Hülle besitzt. Anders bei den Planeten, von denen jedenfalls der Mars, der Jupiter und der Saturn von Atmosphären umgeben sind, deren Zusammensetzung mit der unserer irdischen Atmosphäre bis zu einem gewissen Grade übereinstimmt und wie diese Wasserdampf enthält. Wir finden also in diesen unserer Erde nächst verwandten Weltkörpern sehr ähnliche Verhältnisse vor: es sind an und für sich dunkle und kalte Massen, welche ihr Licht und ihre Wärme unserem gemeinschaftlichen Centralkörper, der Sonne verdanken.

Von viel grösserer Wichtigkeit ist das Spectroskop zur Untersuchung der Fixsterne geworden. Dass hier der Anwendung der Methode grosse, zunächst unüberwindbar scheinende Schwierigkeiten entgegenstanden, bedarf kaum der Erwähnung. Handelte es sich doch hier um die Analyse des Lichtes eines sehr lichtschwachen, selbst für das Teleskop nur als Punkt erscheinenden Objects, dessen Spectrum also nur eine Lichtlinie ist, bei der nicht einmal die Farbenunterschiede bestimmt wahrnehmbar sind. Doch auch hier haben menschlicher Scharfsinn und rastloser Eifer die Wege geebnet. Huggins und Pater

Secchi haben hier die ersten Lorbeeren gepflückt, später haben sich viele Andere, namentlich auch der Bootkcamper Astronom an diesen wichtigen und schwierigen Untersuchungen betheiligt, so dass jetzt das Spectrum vieler Fixsterne bekannt ist.

Durch diese Forschungen hat sich ergeben, dass übereinstimmend mit älteren Ansichten, die Fixsterne als Sonnen aufzufassen sind: glühende Körper mit gasigen Hüllen, Photosphären, meist auch Chromosphären. Wir finden nämlich auch hier von schwarzen Linien durchfurchte continuirliche Spectra, nur dass die Lage der dunklen Linien durchaus nicht immer dieselbe nnd nicht identisch ist mit den Frauenhofer'schen Linien. Doch finden sich auch auf den Fixsternen uns bekannte Elemente. So hat man im Aldebaran und in α Orionis Natrium, Calcium, Magnesium, Eisen, Wismuth, Tellur und Antimon gefunden, auf dem Aldebaran ausserdem Quecksilber, was auf der Beteigeuze nicht vorzukommen scheint. Die meisten Fixsterne enthalten Wasserstoff. Hervorgehoben zu werden verdient weiter, dass die Untersuchung der gelben und namentlich der rothen Sterne zu der Ansicht geführt hat, dass diese eine weit niedrigere Temperatur besitzen, als die Sonne, denn in ihrem Spectrum finden sich nicht nur Absorptionslinien, sondern dunkle Bänder, wie man sie hell bei glühenden Gasen niedriger Temperatur beobachtet hat.

Folgenschwer ist auch die Untersuchung neuer und temporärer Sterne geworden. Schon aus alten Ueberlieferungen ist bekannt, dass bisweilen Sterne auftauchen, die an Helligkeit unsere schönsten Fixsterne erreichen oder gar übertreffen, um nach einiger Zeit wieder spurlos zu verschwinden. Die berühmtesten Beispiele dieser Art sind von Tycho Brahe und Keppler beobachtet. Hier erreichten die Sterne den Glanz des Jupiter oder gar der Venus. Huggins hat im Jahre 1866 einen solchen Stern spectroskopisch untersucht und während der Zeit seiner grössten Helligkeit neben dem gewöhnlichen Fixsternspectrum noch 4 auffallend helle Linien gefunden, die sich bei näherer Untersuchung als dem Wasserstoff zugehörig herausstellten, deren Helligkeit aber mit dem Schwinden des Sterns wesentlich abnahm. Bei späteren Beobachtungen ähnlicher Erscheinungen konnten neben den Wasserstofflinien auch die hellen Linien von anderen Elementen, wie von Stickstoff, Magnesium u. s. f., constatirt werden, die aber auch wieder nach wenigen Monaten verschwunden waren. Als Erklärung für diese Thatsachen darf wohl angenommen werden, dass hier Himmelskörper gesehen wurden, deren Temperatur verhältnissmässig niedrig ist, so dass

sie unter normalen Verhältnissen kaum sichtbar sind, oder doch nur als Sterne 10. oder 12. Grösse beobachtet werden. Durch chemische Prozesse, hervorgerufen durch das Verbindungsbestreben der Elemente, entstehen plötzlich starke Wärmeentwickelungen. Der Wasserstoff und andere, in der Atmosphäre des Sterns vorkommende Elemente werden in lebhaftes Glühen versetzt und bedingen das Aufleuchten des Sterns. Bald aber ist der Wärmevorrath durch Ausstrahlung verbraucht, und der Stern sinkt wieder in sein früheres Dunkel zurück.

Hier bei den Fixsternen gelang es auch zuerst, wie schon erwähnt, das Doppler'sche Princip zur Messung der Bewegung zu verwerthen. Dass die Fixsterne ihren Namen nicht wirklich verdienen, wurde zuerst von dem bekannten Astronomen Halley am Anfang des 18. Jahrhunderts ausgesprochen. Viel bestimmter drückt sich Kant aus in seiner Naturgeschichte und Theorie des Himmels. Die Eigenbewegung der Sonne und ihres ganzen Systems ist von William Herrschel entdeckt worden und Bessel hat zuerst mit Sicherheit die Bewegung anderer Fixsterne erwiesen und zwar gestützt auf ältere Beobachtungen von Bradley. Dieser hatte übrigens schon die Parallaxen der Fixsterne bestimmen wollen und so bekanntlich die Aberration des Lichtes entdeckt, woraus er die Geschwindigkeit des Lichtes ableiten konnte. Hier ist auch der Ort unseres leider verstorbenen und hochverehrten Collegen Peters zu gedenken, dessen grosses Verdienst es war, die Bahn des Sirius um einen damals unbekannten Begleiter zu berechnen. Nachträglich ist dieser, der nicht ganz dunkel, aber freilich sehr lichtschwach ist, von Alvan Clark aufgefunden worden.

Die früheren Hülfsmittel der Astronomie haben aber nur gestattet, den senkrecht zur Beobachtungsrichtung entfallenden Theil der Bewegung der Fixsterne zu bestimmen. Das Spectroskop ermöglicht durch die Messung der Linienverschiebung gerade den anderen, der Sehlinie entsprechenden Antheil der Bewegung festzustellen.

Derartige Beobachtungen von Huggins am Sirius zeigten die eine Wasserstofflinie dort viel breiter, als die gleichzeitig beobachtete Linie des Wasserstoffs in der Geissler'schen Röhre. Aber, und hierin liegt das Wesentliche der Beobachtung, die Mitte der breiten Linie fiel nicht zusammen mit der Wasserstofflinie, sondern war um ein wenig nach Roth verschoben. Huggins macht nun darauf aufmerksam, dass, wie schon durch Frankland und Lockyer festgestellt war, solche Verbreiterungen von Linien auch durch höheren Druck veranlasst sein können. In diesem Fall aber nimmt nach seinen Beobachtungen die

Verbreiterung von der Mitte aus gleichmässig zu und das am Sirius beobachtete Phänomen durfte also einer Bewegung zugeschrieben werden. Zunächst ergiebt sich freilich nur die durch die gleichzeitige Bewegung von Erde und Sirius hervorgerufene Entfernung Beider von einander. Da aber die erstere bekannt und leicht in Abrechnung gebracht werden kann, so lässt sich auch die Eigenbewegung des Sirius finden, welche zur Zeit der Beobachtung eine Geschwindigkeit von etwa 47 km in der Richtung der Sehlinie und zwar von der Erde sich entfernend ergab. Seit jener Zeit sind an etwa 100 Sternen ähnliche Untersuchungen ausgeführt worden, so dass wir hoffen dürfen, über die Bewegungen der Fixsterne dereinst ebenso orientirt zu sein, wie über die der Planeten.

Schliesslich sei mir gestattet, auch auf die Resultate der spectroskopischen Beobachtungen der Nebelflecken mit einigen Worten einzugehen. Viele dieser eigenthümlichen Gebilde sind durch die Vervollkommnung der Teleskope längst als Sternhaufen erkannt. Es sind Weltensysteme, dem unserer Milchstrasse, in das die Sonne mit ihren Planeten und die näheren Fixsterne gehören, ähnlich, nur von diesem weit entfernt. Bei einigen Nebelflecken wollte aber ein solches Auflösen in einzelne Sterne nicht gelingen. Man dachte sie sich noch entfernter, hoffend dass mächtigere Teleskope auch hier schliesslich gestatten würden, den Nebel in einzelne Lichtpunkte aufzulösen. Die Spectralanalyse führte aber zu ganz anderen Ergebnissen. Die prismatische Zerlegung des Lichtes dieser Nebelflecke zeigte nämlich nur 3 helle Linien, von denen eine mit einer Wasserstofflinie, die zweite mit einer Stickstofflinie übereinstimmt, die Herkunft der dritten aber unbekannt ist. Gerade die beiden ersten Linien aber sieht man allein, wenn das Licht eines sehr verdünnten Gemenges aus Wasserstoff und Stickstoff bestehend, bei niederer Temperatur untersucht wird. So kommen wir denn zu dem unerwarteten Schluss, dass wenigstens einige Nebelflecke wirklich das sind, was sie scheinen, kolossale Anhäufungen gasiger Massen. Freilich zeigen andere Nebelflecke neben dem Gasspectrum schwache continuirliche Lichtbänder, so dass also bei diesen auch ein Theil der vorhandenen Materie verdichtet ist.

Wir sind am Ende unserer Betrachtungen angelangt. Doch möchte ich um Erlaubniss bitten, jener schon am Eingang meines Vortrags erwähnten Hypothese über die Bildung der Weltkörper zu gedenken, welche als geistiges Band die gewonnenen Aufschlüsse zu einem gemeinschaftlichen Ganzen verknüpft.

Zwei Männer waren es, deren Namen in der Geschichte der Wissenschaften stets unvergessen bleiben werden, Kant und Laplace, die es wagen durften, ein Problem anzufassen, welches in allen Zeiten als eins der wichtigsten und folgenschwersten angesehen werden wird. Namentlich gestützt auf die ziemlich nahe Uebereinstimmung der Ebenen aller Planetenbahnen und selbst der meisten Bahnen der Trabanten, ferner auf die gleiche Richtung, mit der die Planeten diese Bahnen durchlaufen und sich um ihre Axe drehen und schliesslich auf die geringe Excentricität dieser Bahnen, kommen Beide zunächst auf eine Ansicht über die Entstehung des Planetensystems, welche übrigens Kant ausdrücklich auf das ganze Universum ausgedehnt wissen will, denn er sagt:

„Wir wollen, um die Bildung des Weltbaus deutlich zu begreifen, unsere Beobachtungen von dem unendlichen Inbegriff der Natur auf ein besonderes System einschränken, so wie das zu unserer Sonne gehörige ist. Man wird alsdann von selbst nach der Analogie auf einen ähnlichen Ursprung der höheren Weltordnungen schliessen und die Unendlichkeit der ganzen Schöpfung in *einen* Lehrbegriff zusammenfassen können.“

Die Hypothese besteht nun darin, dass die Sonne in ihrem Anfangszustand als eine ausserordentlich ausgedehnte Gasmasse von geringer Dichtigkeit gedacht wird, die als sie sich von den Nebelballen anderer Fixsternsysteme loslöste, eine geringe Rotationsgeschwindigkeit besass. Unter dem Einfluss der Gravitation trat Verdichtung und dadurch gleichzeitig Beschleunigung der Bewegung ein. Die wachsende Centrifugalkraft veranlasste von Zeit zu Zeit eine Lostrennung von Massen, zunächst wieder einen Nebelball bildend, der sich dann entweder zu einem einzelnen Planeten verdichtete, oder kleinere Massen abgab, die seine Trabanten wurden, oder gar in viele Theile zerfiel, wie es bei den Planetoiden der Fall ist. Alle diese losgelösten Massen behielten aber ihre Rotation um die Sonne bei, deren Richtung nun nothwendig übereinstimmen muss. Ebenso erklären sich dann auch die anderen oben hervorgehobenen Regelmässigkeiten bei den Planetenbewegungen.

Noch bedeutsamer aber ist es, dass, wie namentlich Helmholtz hervorhob, der enorme Wärmevorrath der Sonne, der fast ausschliesslich das Kapital ist, von dessen Zinsen wir leben, nur erklärt werden kann, wenn wir diese Hypothese der Rechnung zu Grunde legen. Er ermöglicht unserem Sonnensystem und damit der Erde und den sie bevölkernden Geschlechtern einen weithin dauernden Bestand. Bei der fast nothwendigen Voraussetzung einer weiteren Verdichtung der Sonnen-

theile, die wieder grosse Wärmeentwickelung zur Folge haben wird, dürfen wir unsere Zukunft für viele Millionen Jahre als gesichert ansehen.

Durch die Resultate der Spectralbeobachtungen, die ich hier in Kürze zusammengedrängt habe, ist eine Fülle von Gesichtspunkten gegeben, welche die Wahrscheinlichkeit der Kant-Laplace'schen Hypothese wesentlich erhöht. Um nur Einiges davon hervorzuheben, erinnere ich an die Aufschlüsse über die Constitution der Nebelflecke, in denen wir jetzt sich bildende neue Fixsterne erkennen müssen. Hier haben wir ja solche Gasmassen von regelloser Form, kolossaler Ausdehnung und theilweise sehr verdünntem Zustand vor uns, wie nach Kant-Laplace unser Sonnensystem ehedem war. Und müssen wir nicht in der Analogie der Fixsternspectren mit dem Sonnenspectrum weitere Beweise für Analogie in Entstehung und Constitution der Fixsterne mit der unserer Sonne finden, sehen wir nicht in den lichtschwachen, nur noch von Zeit zu Zeit aufleuchtenden Gestirnen das dereinstige Schicksal unserer Sonne und damit auch unser eigenes am Firmamente angeschrieben? Und wie vollkommen fügt sich die durch Kirchhoff angebahnte Erkenntniss der Sonne dem ganzen System ein! Dieser glühende Feuerball, von glühenden Atmosphären umgeben, mit den furchtbaren Stürmen und ungeheuren Eruptionen, zeigt eine solche Nebelmasse auf dem Höhepunkt ihrer Entwickelung! Und schliesslich, wie anders sollen wir uns die Aehnlichkeit der chemischen Zusammensetzung aller dieser Welten mit der unserer eignen vorstellen, als durch eine gemeinschaftliche Entstehung aus demselben Weltnebel, der einst das ganze Universum erfüllte.

Dieses selbst zeigt uns jetzt alle Phasen der Weltenbildung, von den kosmischen ungestalteten Nebeln bis zu den verlöschenden, nur zeitweise aus dem Dunkel auftauchenden Fixsternen. Werdende Welten und vergehende! Alles in Bewegung, nach einfachen Gesetzen erfolgend und doch die grösste Mannigfaltigkeit darbietend. Wie klein erscheint der Mensch, dieses Geschöpf der Erde, die selbst nur ein Trabant einer der unzähligen Sonnen ist! Und doch wird uns das Gefühl der Demüthigung erspart durch das Bewusstsein, dass wir diese Grösse erkennen und begreifen können, dass unser eigenes Schicksal, zu kommen und zu gehen, auch das der Welten ist und dass gerade durch die Vergänglichkeit des Einen der Bestand des Ganzen gesichert erscheint:

Das Ewige regt sich fort in allen,
Denn Alles muss in Nichts zerfallen,
Wenn es im Sein beharren soll.